

I-075

局所領域分割を用いた自由視点映像生成におけるデータ圧縮手法

A Data Compression Method for Free Viewpoint Video Using Divided Local Regions

石川 彰夫 酒澤 茂之 小池 淳
Akio Ishikawa Shigeyuki Sakazawa Atsushi Koike

1. まえがき

近年、ユーザが任意に選択した仮想的な視点からの映像を合成する自由視点映像生成技術が注目されている。

筆者らは、スポーツ中継などの比較的広い空間に散在する被写体を対象とした自由視点映像を生成するために、被写体の存在する空間を多数の局所領域に分割し、それぞれの局所領域において光線空間法[1]を用いて局所的な自由視点映像を生成し、これらを統合することにより目的の自由視点映像を得るというアプローチを提案した[2]。また、このアプローチにより、仮想視点が見写体と被写体の間に入り込むようなウォークスルー映像も実現できた。

現在、自由視点映像の実時間生成を最終目標とし、データ読込とデータ展開の速度向上を目指している。しかし、光線空間のデータ量は非常に多く、そのままでは読込に時間がかかる。そこで、本稿では、光線空間データのサイズ削減に目的を限定して議論する。ただし、展開に時間がかかる圧縮方法は、描画処理速度の観点から、これを避けることにする。

2. 局所領域分割を用いた自由視点画像生成

[2]の手順を、以下に示す。水平な円周上に配置した30台のカメラで撮影した多視点映像を前提としている。

2.1 局所領域分割

まず、実空間を多数の局所領域に分割する。局所領域の底面は十分に小さく設定し、奥行きの違いによる縦方向視差の影響は無視できるようにする。局所領域は機械的に配置してよいが、本稿では簡単のため被写体の位置と合わせる。また、局所領域の形状は鉛直な円筒とする。図1に、局所領域に分割した例を示す。

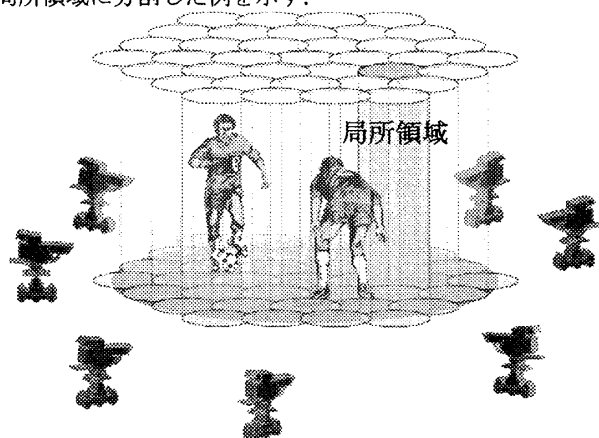


図1 局所領域に分割した例

2.2 局所領域の光線空間

本稿では、円筒記録光線空間[3]を用いる。

局所領域の円筒の中心軸とカメラが配置された水平面との交点を原点とし、中心軸をY軸とする直交座標を設定する。点 $(X \ Y \ Z)$ を通る方位角 θ ・仰角 ϕ の光線は、局所領域の光線空間中の、式(1)を満たす点 $(P \ Q \ \theta \ \phi)$ に対応する。

$$\begin{cases} P = X \cos \theta - Z \sin \theta \\ Q = -X \sin \theta \tan \phi + Y - Z \cos \theta \tan \phi \end{cases} \quad (1)$$

$(X_c \ Y_c \ Z_c)$ の位置にあるカメラで撮影した画像は、点 $(X_c \ Y_c \ Z_c)$ を通過する光線の集合とみなせる。従って、この画像を構成する方位角 θ_c ・仰角 ϕ_c の光線の情報は、式(1)に $(X \ Y \ Z) = (X_c \ Y_c \ Z_c)$ を代入して得られる点 $(P \ Q \ \theta_c \ \phi_c)$ に格納される。同様に、 $(X_v \ Y_v \ Z_v)$ の位置にある仮想視点から見た画像を構成する方位角 θ_v ・仰角 ϕ_v の光線の情報は、式(1)に $(X \ Y \ Z) = (X_v \ Y_v \ Z_v)$ を代入して得られる点 $(P \ Q \ \theta_v \ \phi_v)$ から読み出せる。

ただし、本稿では、カメラが同一平面上に配置されているため、縦方向の視差の情報はもともととられていないことから ϕ 軸方向の変化を無視している。

2.3 光線空間の補間

図2に、光線空間の断面(PQ 平面)の例を示す。

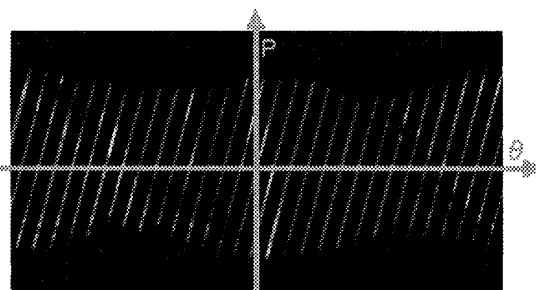


図2 光線空間の断面

被写体上の点 $(X_c \ Y_c \ Z_c)$ が放射する光線の情報は、式(1)に $(X \ Y \ Z) = (X_c \ Y_c \ Z_c)$ を代入して求められる曲線上に格納されている。そこで、この曲線に沿って、既に格納された光線情報を内挿補間することにより、光線空間中の任意の点において光線情報を得ることができる。

3. 提案手法

実時間処理を最終目標としているため、たとえ圧縮効率が高くても、データの展開時間が長い/展開時間の分散が大きい圧縮手法は採用しない。例えば、特定の θ の PQ 断面を基準として他の θ の PQ 断面の差分を記録する手法(θ をフレームとみなし動き補償を行う場合等も含む)は、 θ

により処理時間が大きく異なるため、行わない。以上の条件を踏まえ、次の手法を提案する。

光線情報を内挿補間する際、補間した光線情報自体を光線空間に格納するのではなく、内挿補間で参照した光線情報の位置 (P の値) の相対値を記録する。例えば、光線空間内の点 (P, Q, θ) の光線情報を点 (P_c, Q, θ_c) と点 (P_{c+1}, Q, θ_{c+1}) の光線情報を内挿補間して求めた場合、光線情報の代わりに $P_c - P$ と $P_{c+1} - P$ の値 (以下、参照値) を記録しておく。局所領域の大きさは決まっているので、参照値の範囲も限定され、ビット数を節約できる。以下、この参照値の集合を参照テーブルと呼ぶ。

被写体の胴や顔など形状が比較的平面に近い部分の参照テーブルは、参照値が θ に対してほぼ線形に変化することになる。そこで、参照値を θ に対する線形関数で近似し、この線形関数の傾きの情報のみを記録するという手法を用いることで、さらなるデータ圧縮が可能である。

4. シミュレーション実験

提案手法の性能を評価するため、シミュレーション実験を行う。手法の効果のみを測るため、圧縮は行わない。

評価の基準画像として、2.3 の手法で得た稠密な光線空間から生成した自由視点画像を用いる。また、比較のため、3の参照テーブルをそれぞれ $1^\circ \cdot 2^\circ \cdot 4^\circ \cdot 6^\circ \cdot 12^\circ$ 毎の θ で作成し、そのデータを用いて生成した自由視点画像を用いる。

4.1 実験結果

結果の一部を、図3 (視点の方位角 6°) および図4 (視点の方位角 90°) に示す。左が 12° 毎の θ で作成した比較画像であり、右が提案手法による画像である。



図3 仮想視点方向 6°



図4 仮想視点方向 90°

図5に、光線空間のデータサイズと、基準画像に対するPSNRのグラフを示す。参考として、表1に、各データにエントロピー符号化を施した場合のデータサイズを示す。

4.2 考察

図3と図4で、比較画像と提案手法による画像はデータサイズがほぼ同じだが、比較画像は人物の輪郭が二重になり重ねて見える。これは、式(1)に従い正確に内挿補間された光線情報が少なく、大半の光線情報が最寄りの光線情報

を参照した単純な線形補間で生成されているためと考えられる。図5で、正確に内挿補間された光線情報が少ない比較画像ほどPSNRが低いことから、判る。一方、提案手法による画像には惚けが無く、PSNRでも比較画像を上回っていることから、提案した近似手法が有効であることが判る。

ただし、提案手法による画像でも、肩や腕など比較的大きく湾曲した部分に誤差が目立つ。これは、提案した近似手法は平面では有効だが、平面でない部分では誤差を生じ易いためであると考えられる。この課題の解決法としては、下記が考えられる。

- 局所領域を狭くすることで平面に近似し易くする
- 参照テーブルの中で崩れが生じ易い領域は、参照値を単純に線形近似するのではなく折線近似を行う。

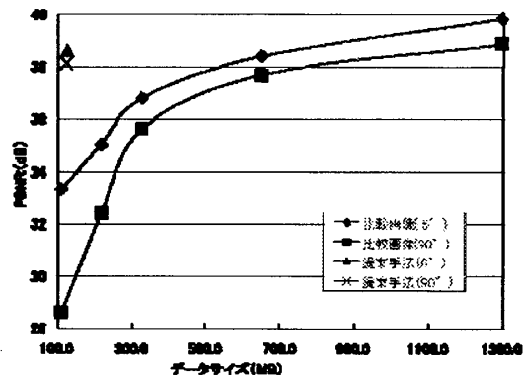


図5 レート歪み曲線

表1 エントロピー符号化によるデータサイズ変化

	1°	2°	4°	6°	12°	提案手法
圧縮前 (MB)	1297	648.3	324.2	216.1	108.1	123.5
圧縮後 (MB)	47.2	36.2	30.7	28.9	27.1	30.2

5. まとめ

本稿では、自由視点映像の実時間生成を目的として、光線空間データの読込速度を向上させるため、光線空間のサイズの削減手法を提案した。提案手法では、参照テーブル内で参照値を方位角に対する線形関数で近似し、傾き情報のみ記録することで、データを削減している。

提案手法の性能を評価するためにシミュレーション実験を行った結果、レート歪み曲線から提案手法の有効性が示された。一方で、被写体表面の大きく湾曲している部分において誤差を生じるという問題も明らかになった。

今後の課題としては、被写体表面の大きく湾曲している部分への対処に加え、本稿では扱わなかった符号化の利用などが挙げられる。

参考文献

- [1] 藤井, 金子, 原島: “光線群による3次元空間情報の表現とその応用”, テレビジョン学会誌, Vol.50, No.9, pp.1312--1318 (1996).
- [2] 石川, 酒澤, 小池: “局所領域分割型光線空間を用いたウォークスルー映像の生成”, IMPS2006, 12-03, pp.19-20 (2006)
- [3] 苗村, 柳澤, 金子, 原島: “光線情報による3次元空間の効率的記述へ向けた光線空間射影法”, 信学技報 IE95-119 (1996).